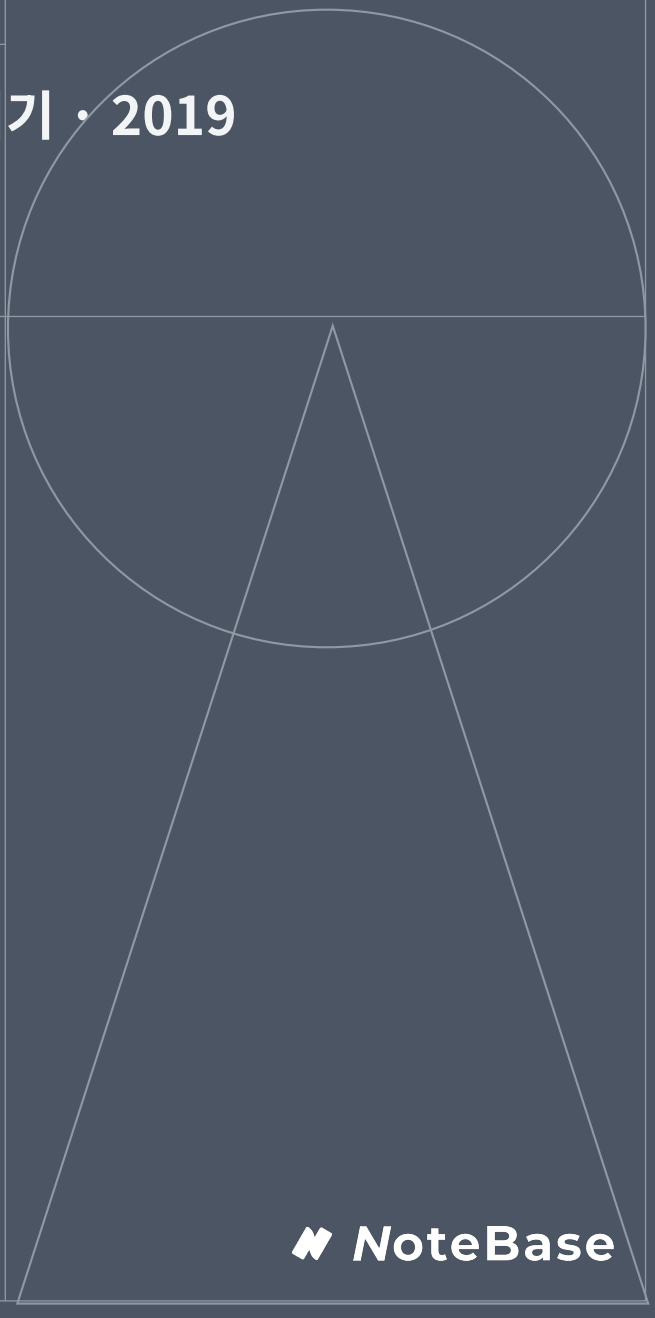
기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 전기기기 · 2019



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 전기기기 · 2019

공무원/지방직/9급 · 전기기기 · 2019

문 1. % 저항강하 및 % 리액턴스 강하가 각각 3[%] 및 4[%]인 변압기의 전압변동률 최댓값 ε_m[%]과 이때의 역률 $\cos\theta_m$[pu]은?

① ε_m: 3.5, $\cos\theta_m$: 0.6

② ε_m: 3.5, $\cos\theta_m$: 0.8

③ ε_m: 5.0, $\cos\theta_m$: 0.6

④ ε_m: 5.0, $\cos\theta_m$: 0.8

정답 3번

간단한 해설

전압변동률은 **지상 역률각이 변압기의 임피던스각과 같을 때** 최대가 된다. 주어진 3%와 4%를 합성하면 최댓값은 5.0%이고, 이때 역률은 $\cos\theta_m = \frac{3}{5} = 0.6$ pu이다.

계산 과정

주어진 % 저항강하를 $r = 3$, % 리액턴스강하를 $x = 4$, 부하의 지상 역률각을 θ라 한다. 전압강하의 단자전압 방향 성분을 더하면 전압변동률의 근사식은 $\varepsilon \approx r\cos\theta + x\sin\theta$이다. 따라서 이 문제에서는 $\varepsilon \approx 3\cos\theta + 4\sin\theta$이며, 계산 결과의 단위는 %이다.

최댓값: $\cos\alpha = \frac{3}{5}$, $\sin\alpha = \frac{4}{5}$인 각 α를 두면, 삼각함수의 덧셈정리에 따라 $3\cos\theta + 4\sin\theta = 5\cos(\theta - \alpha)$이다. 코사인의 최댓값은 1이므로 **역률각이 합성각과 같을 때** 전압변동률이 최대가 된다. 따라서 $\varepsilon_m = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5.0\%$이다.

이때의 역률: 최대 조건은 $\theta_m = \alpha$이므로 $\cos\theta_m = \frac{3}{\sqrt{3^2+4^2}}$이다. 따라서 $\cos\theta_m = \frac{3}{5} = 0.6$ pu이며, 이는 **지상 역률**이다. 분자에는 리액턴스강하 4가 아니라 저항강하 3을 사용한다.

최대 전압변동률 5.0%와 그때의 역률 0.6 pu를 함께 제시한 선택지는 ③이다.

NoteBase

문 2. 변압기의 효율이 최대인 경우는?

① 철손과 동손이 동일

② 철손이 동손의 $\frac{1}{\sqrt{2}}$배

③ 철손이 동손의 $\sqrt{2}$배

④ 철손이 동손의 $\sqrt{3}$배

정답 1번

간단한 해설

변압기의 철손은 거의 일정하고 동손은 부하전류의 제곱에 비례하여 증가한다. 부하를 바꿀 때 효율은 **철손과 동손이 같아지는 지점**에서 최대가 된다.

공통 해설

전압·주파수와 부하역률이 일정하고 주요 손실을 철손과 동손으로 보는 경우, 철손은 철심에서 발생하는 손실로 부하가 변해도 거의 일정하다. 동손은 권선의 저항에서 발생하는 손실로, 부하전류를 I, 환산한 권선저항을 R이라 하면 $P_{cu} = I^2R$로 나타낸다.

출력을 P_{out}, 철손을 P_i라 하면 효율은 $\eta = \frac{P_{out}}{P_{out} + P_i + P_{cu}}$이다. 부하전류가 증가하면 출력이 증가하므로 출력에 대한 일정한 철손의 비중은 작아진다. 반면 동손은 전류의 제곱에 비례하므로 출력에 대한 동손의 비중은 커진다.

이 두 효과가 균형을 이루어 출력 대비 총손실이 가장 작아지는 조건은 **철손과 그 부하에서의 동손이 같은 것**이다. 따라서 최대 효율 조건은 $P_i = P_{cu}$이며, 두 손실의 비가 1이 아닌 나머지 관계는 이 조건을 만족하지 않는다.

NoteBase

문 3. 유도전동기 원선도를 그리기 위해 실행하는 시험으로 옳지 않은 것은?

① 무부하시험

② 부하시험

③ 구속시험

④ 저항측정

정답 2번

간단한 해설

원선도는 **무부하시험·구속시험·저항측정** 자료로 부하 특성을 간접적으로 구하는 도표이다. 따라서 실제 기계적 부하를 걸어 성능을 측정하는 **부하시험은 원선도 작성에 필수적이지 않다**.

선지별 해설

유도전동기의 원선도는 전원 전압과 주파수가 일정할 때 부하 변화에 따른 전류의 궤적을 원으로 근사하여, 출력·토크·효율 등을 구하는 도표이다. 각 시험은 원을 정할 기준점이나 손실 자료를 제공한다.

① O: 무부하시험은 축에 기계적 부하를 걸지 않고 정격 전압과 주파수로 운전하여 전류와 입력 전력을 측정한다. 이 자료로 무부하 역률을 구하고, 원선도의 기준이 되는 **무부하점**을 정한다.

② X: 부하시험은 실제 기계적 부하를 걸어 출력·효율 등의 운전 특성을 직접 측정하는 시험이다. 원선도는 무부하시험과 구속시험 자료 및 고정자 저항을 이용하여 부하 특성을 간접적으로 추정하므로, **원선도를 그리기 위해 부하시험을 실시할 필요는 없다**.

③ O: 구속시험은 **회전자를 움직이지 못하게 고정**하고 낮은 전압을 가해 전류와 입력 전력을 측정하는 시험이다. 이 자료에서 구속 상태의 역률을 구하고 전류를 정격 전압 기준으로 환산하여, 원선도의 구속점을 정한다.

④ O: 저항측정으로 고정자 권선의 저항을 구한다. 이를 이용해 전류에 따른 **고정자 동손**을 계산하고 구속시험에서 얻은 동손을 고정자와 회전자 동손으로 나누어, 원선도에서 출력과 토크를 구하는 데 필요한 손실 구분에 활용한다.

NoteBase

문 4. 자기저항(reluctance)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 공극이 증가하는 경우 자기저항은 증가한다.

② 일정 기자력에 대해 자속이 감소하는 경우 자기저항은 감소한다.

③ 자기저항은 인덕턴스와 반비례 관계이다.

④ 자기회로의 투자율이 증가하는 경우 자기저항은 감소한다.

정답 2번

간단한 해설

자기저항은 기자력을 자속으로 나눈 값이다. **기자력이 일정할 때 자속이 감소하면 자기저항은 증가**하므로, ②의 '자기저항은 감소한다'는 증가한다로 고쳐야 한다.

선지별 해설

자기저항은 자기회로에서 자속이 형성되기 어려운 정도를 나타낸다. 기자력을 F, 자속을 Φ, 자기저항을 R_m이라 하면 $R_m = \frac{F}{\Phi}$이다. 길이가 l, 단면적이 A, 투자율이 μ로 일정한 자기회로 구간에서는 $R_m = \frac{l}{\mu A}$이며, 직렬로 이어진 구간의 자기저항은 더한다.

① O: 공극은 자기회로에 있는 공기 틈이다. 공기의 투자율은 철심보다 매우 작으므로 공극은 자속의 흐름에 큰 자기저항을 준다. 다른 조건이 같으면 **공극 길이가 증가할수록** 공극의 자기저항이 커져 전체 자기저항도 증가한다.

② X: $R_m = \frac{F}{\Phi}$에서 기자력 F가 일정하면 자기저항은 자속에 반비례한다. 따라서 자속이 감소하면 자기저항은 **감소하는 것이 아니라 증가한다**. 같은 기자력으로 더 적은 자속이 형성된다는 것은 자속이 형성되기 더 어려워졌다는 뜻이다.

③ O: 누설자속을 무시하는 선형 자기회로에서 코일의 권수를 N, 전류를 I라 하면 기자력은 $F = NI$이고, 인덕턴스는 $L = \frac{N\Phi}{I}$이다. 여기에 $\Phi = \frac{NI}{R_m}$을 대입하면 $L = \frac{N^2}{R_m}$이 된다. 따라서 **권수가 일정할 때** 인덕턴스와 자기저항은 반비례한다.

④ O: $R_m = \frac{l}{\mu A}$에서 자기회로의 길이와 단면적이 같으면 투자율이 증가할수록 자기저항은 감소한다. 투자율이 크다는 것은 **같은 자기장 세기에서 더 큰 자속밀도**가 형성된다는 뜻이므로, 자속이 형성되기 쉬워진다.

NoteBase

문 5. 일정 전압으로 운전 중인 분권 및 직권 직류전동기에서 기계적 각속도가 증가할 때, 토크의 변화로 옳은 것은? (단, 전기자 반작용과 자기포화는 무시한다)

① 분권: 속도의 제곱에 반비례하여 감소, 직권: 일정한 기울기로 감소

② 분권: 속도의 제곱에 반비례하여 감소, 직권: 속도의 제곱에 반비례하여 감소

③ 분권: 일정한 기울기로 감소, 직권: 일정한 기울기로 감소

④ 분권: 일정한 기울기로 감소, 직권: 속도의 제곱에 반비례하여 감소

정답 4번

간단한 해설

분권전동기는 **자속이 일정**하여 각속도가 증가하면 토크가 일정한 기울기로 감소한다. 직권전동기는 자기포화를 무시하면 **자속도 전기자전류에 비례**하므로, 권선 전압강하가 작은 운전 영역에서 토크가 각속도의 제곱에 반비례하여 감소한다.

대응 관계 해설

직류전동기의 역기전력과 발생 토크는 각각 $E = k_e \Phi \omega$, $T = k_t \Phi I_a$이다. 여기서 Φ는 자속, ω는 기계적 각속도, I_a는 전기자전류이며, k_e와 k_t는 전동기의 상수이다. 일정 전압에서 각 운전점의 토크·속도 관계를 비교한다.

분권전동기: 계자권선이 전원에 병렬로 연결되므로 전압과 계자저항이 일정하면 계자전류가 일정하다. 전기자반작용을 무시하면 **자속도 일정**하다. 전기자저항을 R_a라 하면 $V = k_e \Phi \omega + I_a R_a$이므로 $I_a = \frac{V - k_e \Phi \omega}{R_a}$이다. 이를 토크식에 대입하면 $T = \frac{k_t \Phi V}{R_a} - \frac{k_t k_e \Phi^2}{R_a} \omega$이다. 따라서 토크는 각속도에 대해 일정한 음의 기울기를 갖는 직선으로 감소한다.

직권전동기: 계자권선과 전기자에 같은 전류가 흐른다. 자기포화를 무시하면 $\Phi = c I_a$이며, c는 자속과 전류의 비례상수이다. 따라서 $T = k_t c I_a^2$로, 토크는 **전기자전류의 제곱에 비례**한다. 전기자와 직권 계자권선의 합성저항을 R라 하면 $V = I_a(R + k_e c \omega)$이므로 $T = \frac{k_t c V^2}{(R + k_e c \omega)^2}$이다. 권선 전압강하가 작아 $R \ll k_e c \omega$로 볼 수 있으면 $I_a \propto \frac{1}{\omega}$, $T \propto \frac{1}{\omega^2}$가 된다. 선지의 역제곱 관계는 이 근사 특성을 나타내며, 분권처럼 일정한 기울기의 감소가 아니다.

분권은 일정한 기울기로 감소하고, 직권은 속도의 제곱에 반비례하여 감소하는 대응이므로 ④와 연결된다.

NoteBase

문 6. 1차 전압 4,400[V]인 단상 변압기가 전등 부하에 10[A]를 공급할 때의 입력이 2.2[kW]이면 이 변압기의 권수비 $\frac{N_1}{N_2}$ 은? (단, 변압기의 손실은 무시한다)

① 10

② 20

③ 30

④ 40

정답 2번

간단한 해설

손실이 없으므로 출력은 입력과 같은 2,200 W이고, 전등 부하를 역률 1인 저항 부하로 보아 구한 2차 전압은 220 V이다. 권수비는 **1차 전압과 2차 전압의 비**이므로 $\frac{4,400}{220} = 20$이다.

계산 과정

1. 입출력 전력: **변압기의 손실을 무시**하므로 입력 전력과 출력 전력은 같다. 입력이 2.2 kW이므로 2차 측 부하에 공급하는 출력 전력 P_2는 2,200 W이다.

2. 2차 전압: 전등 부하는 저항 부하로 보아 **역률을 1**로 취급한다. 단상 부하의 유효전력은 $P_2 = V_2 I_2 \cos\varphi$ 이므로, 부하 전류 $I_2 = 10\text{A}$를 대입하면 $V_2 = \frac{P_2}{I_2} = \frac{2,200}{10} = 220\text{V}$이다. 이는 전등 부하에 걸리는 전압이다.

3. 권수비: 이상적인 변압기에서는 두 권선에 같은 자속이 쇄교하므로 전압은 권수에 비례한다. 따라서 1차 권수 N_1과 2차 권수 N_2의 비는 $\frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{4,400}{220} = 20$이다. 권수비는 단위가 없는 비이며, 계산한 20은 ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 7. 2중 농형회전자를 갖는 유도전동기의 특징으로 옳지 않은 것은?

① 유도전동기의 비례추이 특성을 이용한 기동 및 운전을 한다.

② 기동상태에서 2차 저항이 작아진다.

③ 저슬립에서 회전자 바의 누설리액턴스가 작아진다.

④ 구조가 복잡하여 일반적 형태의 농형회전자보다 가격이 비싸다.

정답 2번

간단한 해설

②의 '2차 저항이 작아진다'는 반대로 서술한 것이다. 기동 시에는 전류가 저항이 큰 외측 농형에 주로 흘러 **유효 2차 저항이 정상 운전 때보다 커진다**.

선지별 해설

① O: 비례추이는 2차 저항이 커지면 최대토크가 발생하는 슬립이 커지는 특성이다. 2중 농형회전자는 **기동 시 고저항, 정상 운전 시 저저항**의 효과를 내도록 하여 이 특성을 이용한다. 기동할 때는 큰 기동토크를 얻고, 정상 운전할 때는 회전자 동손을 줄여 효율을 높인다.

② X: 기동 시에는 회전자 전류의 주파수가 높고, 회전자 깊숙이 있는 내측 농형의 누설리액턴스가 커서 내측으로 흐르는 전류가 억제된다. 따라서 전류는 저항이 큰 외측 농형에 주로 흐르며, **유효 2차 저항은 정상 운전 때보다 커진다**. 선지의 '작아진다'를 '커진다'로 고쳐야 한다.

③ O: 저슬립은 회전자속도가 동기속도에 가까운 상태이다. 이때는 회전자 전류의 주파수가 낮아지므로, 주파수에 비례하는 **회전자 바의 누설리액턴스도 작아진다**. 특히 내측 농형의 리액턴스가 작아지면 저항이 작은 내측 농형으로 전류가 주로 흘러 정상 운전 시의 손실을 줄인다.

④ O: 2중 농형회전자는 저항과 누설리액턴스가 서로 다른 **외측·내측 두 농형**을 구성해야 한다. 따라서 일반적인 단일 농형회전자보다 구조와 제작 공정이 복잡하여 가격이 비싸다.

NoteBase

문 8. 3상 동기발전기가 무부하 유기기전력 150[V], 부하각 45°로 운전되고 있다. 부하에 공급하는 전력을 일정하게 유지시키면서 계자전류를 조정하여 부하각을 30°로 한 경우의 무부하 유기기전력 [V]은?

① $150\sqrt{2}$

② $150\sqrt{3}$

③ $300\sqrt{2}$

④ $300\sqrt{3}$

정답 1번

간단한 해설

공급 전력이 일정하면 **유기기전력과 부하각의 사인값의 곱** $E\sin\delta$가 일정하다. 부하각이 45°에서 30°로 줄어들면 유기기전력은 $\sqrt{2}$배가 되어 $150\sqrt{2}\,\mathrm{V}$가 된다.

계산 과정

전기자 저항을 무시하고 **단자전압과 동기 리액턴스가 일정하다**고 보는 기본 모델에서, 동기발전기가 공급하는 유효전력은 $P \propto E\sin\delta$의 관계를 따른다. 여기서 E는 무부하 유기기전력이고, δ는 유기기전력과 단자전압 사이의 위상차인 부하각이다.

변경 전후의 유기기전력을 각각 E_1, E_2라 하면, 공급 전력이 같으므로 $E_1\sin 45^\circ = E_2\sin 30^\circ$이다. 따라서 $\frac{E_2}{E_1} = \frac{\sin 45^\circ}{\sin 30^\circ} = \sqrt{2}$이다. 이는 부하각의 사인값이 작아진 만큼 유기기전력을 늘려 같은 전력을 유지해야 한다는 뜻이다.

처음 유기기전력은 150 V이므로 $E_2 = 150\sqrt{2}\,\mathrm{V}$이다. 이 값은 ①의 $150\sqrt{2}$ V와 일치한다.

NoteBase

문 9. 정격용량 20[kVA] 변압기가 있다. 철손은 500[W], 정격용량으로 운전 시 동손은 800[W]이다. 이 변압기를 하루에 10시간씩 정격용량으로 운전할 경우 전일효율[%]은? (단, 정격용량 운전 시 부하 역률은 0.9이다)

① 85.2

② 88.1

③ 90.0

④ 93.2

정답 3번

간단한 해설

전일효율은 하루 동안의 전력량으로 계산하므로 **철손은 24시간, 동손은 부하를 공급하는 10시간**에 적용한다. 출력 전력량은 180 kWh, 총손실 전력량은 20 kWh이므로 전일효율은 90.0%이다.

계산 과정

전일효율은 하루 동안의 입력 전력량에 대한 출력 전력량의 비율이다. 부하를 공급하지 않는 시간에도 변압기에 전압이 인가되어 철손이 발생하는 것으로 계산한다.

출력 전력량: 정격용량 20 kVA는 피상전력이므로, **역률 0.9를 곱해 유효전력으로 바꾼다**. 정격부하 출력은 20 × 0.9 = 18 kW이고, 이를 10시간 공급하므로 하루 출력 전력량은 18 × 10 = 180 kWh이다.

철손 전력량: 철손 500 W는 0.5 kW이다. 철손은 부하 유무와 관계없이 전압이 인가된 동안 발생하므로 **하루 24시간**에 대해 계산한다. 하루 철손 전력량은 0.5 × 24 = 12 kWh이다.

동손 전력량: 정격부하 동손 800 W는 0.8 kW이다. 동손은 권선에 흐르는 부하전류에 의해 발생하므로, 이 문제에서는 **정격부하를 공급하는 10시간**에 대해 계산한다. 하루 동손 전력량은 0.8 × 10 = 8 kWh이다.

전일효율: 하루 입력 전력량은 출력 전력량에 철손과 동손의 전력량을 더한 180 + 12 + 8 = 200 kWh이다. 따라서 전일효율은 $\eta_{\mathrm{d}} = \frac{180}{180+12+8} \times 100 = 90.0\%$이다. 계산한 90.0%는 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 10. 기동토크 24 [Nm], 무부하 속도 1,200 [rpm]인 타여자 직류 전동기에 부하토크 T_L [Nm]과 속도 N [rpm] 사이의 관계가 $T_L = 0.02N$인 부하를 연결시켜 구동할 때의 전동기 출력 [W]은? (단, 전기자 반작용과 자기포화는 무시한다.)

① 200π

② 220π

③ 240π

④ 260π

정답 3번

간단한 해설

전동기는 **발생토크와 부하토크가 같아지는 속도**에서 정상 운전하므로, 운전속도는 600 rpm, 토크는 12 N·m이다. 출력을 구할 때는 속도를 각속도로 바꾸어 토크에 곱하며, 그 값은 240πW이다.

계산 과정

1. 전동기의 토크–속도 특성: 전기자 반작용과 자기포화를 무시하고 전원전압과 계자자속이 일정하면, 속도가 높아질수록 역기전력이 커져 전기자전류와 토크가 감소한다. 이때 토크–속도 관계는 직선이다. 기동 시에는 속도가 0이고 토크가 24 N·m이며, 무부하 속도 1,200 rpm에서는 부하에 공급하는 토크가 0이므로, 전동기 토크를 T_M이라 하면 $T_M = 24\left(1 - \frac{N}{1200}\right) = 24 - 0.02N$이다. 여기서 N은 rpm 단위의 속도이다.

2. 운전속도와 토크: 속도가 일정하게 유지되는 정상상태에서는 **전동기 토크와 부하토크가 같다**. 따라서 $24 - 0.02N = 0.02N$이고, $0.04N = 24$에서 $N = 600$rpm이다. 이 속도를 부하 특성에 대입하면 $T_L = 0.02 \cdot 600 = 12\text{N} \cdot \text{m}$이다.

3. 각속도 환산: 기계적 출력은 토크와 각속도의 곱이다. **rpm은 분당 회전수**이므로, 한 회전이 2π rad이고 1분이 60초라는 관계를 이용한다. 각속도는 $\omega = \frac{2\pi N}{60}$이므로, $\omega = \frac{2\pi \cdot 600}{60} = 20\pi$rad/s이다.

4. 출력 계산: 부하에 전달되는 기계적 출력은 $P = T_L\omega$이다. 따라서 $P = 12 \cdot 20\pi = 240\pi$W이며, 이는 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 11. 전압이 일정한 모선에 접속되어 역률 1로 운전하고 있는 동기 전동기의 계자 전류를 감소시킨 경우, 이 전동기의 역률과 전기자 전류의 변화는?

① 역률은 앞서게 되고 전기자 전류는 증가한다.

② 역률은 앞서게 되고 전기자 전류는 감소한다.

③ 역률은 뒤지게 되고 전기자 전류는 증가한다.

④ 역률은 뒤지게 되고 전기자 전류는 감소한다.

정답 3번

간단한 해설

역률 1인 상태에서 계자 전류를 줄이면 **부족 여자**가 되어 전원에서 지상 무효전류를 공급받는다. 이에 따라 역률은 뒤지게 되며, 같은 부하를 구동하는 데 필요한 유효전류 성분에 무효전류 성분이 더해져 **전기자 전류가 증가**한다.

공통 해설

이 문제는 부하를 바꾸지 않고 계자 전류만 조정하는 정상 운전으로 본다. 일정한 전압과 부하에서 동기 전동기의 계자 전류에 따른 전기자 전류의 변화를 나타내는 것이 V곡선이다. 역률 1에서는 전기자 전류에 무효전류 성분이 없어 **전기자 전류의 크기가 최소**가 된다.

이 상태에서 계자 전류를 줄이면 부족 여자가 된다. 계자가 공급하는 자화 작용이 줄어든 만큼 전기자에서 자화 작용을 보충해야 하므로, 전동기는 전원에서 **지상 무효전류를 흡수**한다. 따라서 전기자 전류의 위상이 전압보다 뒤지는 지상 역률로 바뀐다.

부하가 같으면 필요한 유효전력은 거의 일정하므로, 전압이 일정할 때 전기자 전류의 유효전류 성분도 거의 일정하다. 여기에 전압보다 위상이 뒤지는 무효전류 성분이 생기면 전체 전기자 전류의 크기는 증가한다. 따라서 계자 전류를 줄인 뒤의 변화는 '역률은 뒤지게 되고 전기자 전류는 증가한다'이다.

NoteBase

문 12. 동기발전기에서 단락비에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 단락비가 크면 동기임피던스가 작다.

② 단락비가 크면 전기자 반작용이 작다.

③ 단락비가 작으면 전압변동률이 크다.

④ 단락비가 작으면 과부하 내량이 크다.

정답 4번

간단한 해설

단락비가 작으면 동기리액턴스가 커져 부하 증가에 따른 전압 변화가 크고, 동기를 유지하며 운전할 수 있는 여유가 줄어든다. 따라서 ④의 '과부하 내량이 크다'는 **'과부하 내량이 작다'**로 고쳐야 한다.

선지별 해설

단락비는 정격 속도에서 무부하 정격전압을 발생시키는 계자전류를, 3상 단락 상태에서 정격 전기자전류를 흐르게 하는 계자전류로 나눈 값이다. 전기자저항을 무시하면 단락비는 정격전압에 대응하는 포화 동기리액턴스의 단위법 값과 역수 관계에 있다.

① O: 단락비가 클수록 동기리액턴스가 작다. 동기임피던스는 전기자저항과 동기리액턴스로 구성되며, 일반적으로 전기자저항이 동기리액턴스보다 훨씬 작으므로 **동기임피던스도 작아진다**.

② O: 전기자 반작용은 전기자전류가 만드는 자속이 계자의 주자속에 영향을 주는 현상이다. 단락비가 큰 기기는 일반적으로 공극이 크고 주자속을 만드는 데 필요한 계자 기자력이 크다. 따라서 같은 부하에서 **계자 기자력에 대한 전기자 기자력의 상대적 영향이 작아** 전기자 반작용의 영향이 작다.

③ O: 단락비가 작으면 동기리액턴스가 커진다. 같은 부하전류와 지상역률 조건에서 내부 전압강하가 커지므로, 속도와 계자전류를 일정하게 유지한 채 부하를 제거했을 때의 **단자전압 상승이 커져 전압변동률이 크다**.

④ X: 단락비가 작으면 **과부하 내량은 작아진다**. 동기리액턴스가 크면 같은 단자전압과 내부 유기기전력 조건에서 동기를 유지하며 전달할 수 있는 최대 전력이 작아진다. 따라서 부하가 증가할 때 안정도 측면의 여유가 줄어든다. 과부하 내량이 큰 것은 단락비가 큰 기기의 특성이다.

NoteBase

문 13. 3상 반파 다이오드 정류회로의 저항 부하 시 맥동률[%]은?

① 4.04

② 17.7

③ 48.2

④ 121

정답 2번

간단한 해설

3상 반파 정류의 주된 맥동 성분은 전원 주파수의 3배이며, 그 최대값은 직류 평균전압의 1/4이다. 이 성분의 실효값을 직류 평균전압으로 나누면 맥동률은 **약 17.7%**가 된다.

계산 과정

맥동률은 출력에 포함된 **교류 성분의 실효값을 직류 평균값으로 나눈 비율**이다. 직류 평균전압을 V_{dc}, 교류 성분의 실효값을 V_{ac}라 하면 $r = \frac{V_{ac}}{V_{dc}}$이다. 저항 부하에서는 전류가 전압에 비례하므로 전압과 전류의 맥동률이 같다.

① 출력 파형: 평형 3상 정현파 전원과 이상적인 다이오드를 기준으로, 순간 전압이 가장 높은 상의 다이오드가 차례로 도통한다. 각 다이오드의 도통각은 120°이고 한 주기에 맥동이 세 번 생기므로, 주된 맥동 성분의 주파수는 전원 주파수의 3배이다.

② 주된 맥동 성분의 실효값: 출력 파형을 푸리에 전개하면 전원 주파수의 3배인 성분의 최대값은 $V_{3m} = \frac{V_{dc}}{4}$이다. **그보다 높은 주파수의 맥동 성분을 생략**하면 교류 성분을 이 정현파 하나로 근사할 수 있다. 정현파의 실효값은 최대값을 $\sqrt{2}$로 나눈 값이므로 $V_{ac} \approx \frac{V_{dc}}{4\sqrt{2}}$이다.

③ 맥동률 계산: $r \approx \frac{V_{dc}/(4\sqrt{2})}{V_{dc}} = \frac{1}{4\sqrt{2}} \approx 0.1768$이다. 백분율로 나타내면 약 17.7%로, 선택지 ②의 값에 해당한다. 이 값은 주된 맥동 성분만을 고려한 근삿값이다.

NoteBase

문 14. 220[V], 1,500[rpm], 50[A]에서 정격토크를 발생하는 직류 직권 전동기의 전기자 저항과 직권계자 저항의 합이 0.2[Ω]이다. 같은 전압으로 이 전동기가 1,000[rpm]에서 정격토크를 발생하기 위해 전기자에 직렬로 삽입해야 할 외부 저항[Ω]은?

① 1.2

② 1.4

③ 1.6

④ 1.8

정답 2번

간단한 해설

같은 정격토크를 유지하므로 **전류와 자속은 그대로**이고, 역기전력은 회전속도에 비례하여 210 V에서 140 V로 낮아진다. 이때 필요한 전체 직렬저항에서 기존 저항 0.2 Ω을 빼면 외부 저항은 **1.4 Ω**이다.

계산 과정

전류와 자속: 직류 직권 전동기는 전기자와 직권계자에 같은 전류가 흐르며, 토크는 $T = k_T \Phi I$로 나타낸다. 여기서 Φ는 자속, I는 전류이다. 같은 전동기의 동일한 여자 특성에서 **정격토크를 유지**하려면 전류는 50 A로 유지되고 자속도 변하지 않는다. 브러시 전압강하는 무시한다.

처음 역기전력: 전원전압은 역기전력과 저항 전압강하의 합이므로 $V = E + IR$이다. 전기자 저항과 직권계자 저항의 합을 R = 0.2 Ω으로 두면, 처음 역기전력은 $E_1 = 220 - 50 \cdot 0.2 = 210\text{V}$이다. 이는 220 V에서 내부 저항의 전압강하 10 V를 뺀 값이다.

속도를 낮춘 뒤의 역기전력: 역기전력은 $E = k_E \Phi n$이므로 **자속이 일정하면 회전속도에 비례**한다. 따라서 1,000 rpm에서의 역기전력은 $E_2 = 210 \cdot \frac{1000}{1500} = 140\text{V}$이다.

외부 저항: 삽입할 저항을 R_{ext}라 하면, 같은 전압 220 V에서 $220 = 140 + 50(0.2 + R_{\text{ext}})$가 성립한다. 저항 전체가 부담할 전압은 220 − 140 = 80 V이므로 전체 직렬저항은 $R_{\text{total}} = \frac{80}{50} = 1.6\Omega$이다. 여기서 **기존 내부 저항 0.2 Ω을 빼야** 하므로 $R_{\text{ext}} = 1.6 - 0.2 = 1.4\Omega$이다. 필요한 외부 저항은 1.4 Ω으로, ②의 값에 해당한다.

NoteBase

문 15. 스테핑 전동기에서 1펄스의 스텝 각도가 1.8°, 입력펄스의 주기가 0.02 [s]이면, 전동기의 회전속도[rpm]는?

① 12

② 15

③ 18

④ 21

정답 2번

간단한 해설

1회전에 필요한 펄스 수는 200개이고, 주기가 0.02 s이므로 초당 50개의 펄스가 입력된다. 따라서 초당 회전수는 0.25회이며, **분당 회전수는 15 rpm**이다.

계산 과정

1회전에 필요한 펄스 수: 스테핑 전동기는 입력펄스 1개마다 주어진 스텝 각도만큼 회전한다. 스텝 각도가 1.8°이고 1회전은 360°이므로, **1회전에 필요한 펄스 수** N은 $N = \frac{360}{1.8} = 200$개이다.

초당 입력펄스 수: 주기 T = 0.02 s는 펄스가 한 번 입력되는 데 걸리는 시간이다. 초당 펄스 수인 주파수 f는 **주기의 역수**이므로 $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.02} = 50$ Hz이다. 즉, 1초에 50개의 펄스가 입력된다.

분당 회전수: 초당 입력펄스 수를 1회전에 필요한 펄스 수로 나누면 초당 회전수가 된다. 따라서 $\frac{f}{N} = \frac{50}{200} = 0.25$ 회/s이고, **초당 회전수를 분당 회전수로 바꾸려면 60을 곱한다**. 회전속도 n은 $n = \frac{60f}{N} = \frac{60 \cdot 50}{200} = 15$ rpm이다. 이는 ②의 15에 해당한다.

NoteBase

문 16. 6극, 60[Hz], 3상 권선형 유도전동기의 전부하 시의 회전수는 1,152[rpm]이다. 이때 전부하 토크와 같은 크기로 기동하려고 할 때 회전자 회로의 각 상에 삽입해야 할 저항[Ω]은? (단, 회전자 1상의 저항은 0.03[Ω]이다)

① 0.34

② 0.57

③ 0.72

④ 1.47

정답 3번

간단한 해설

전부하 슬립은 0.04이며, 전부하와 같은 토크를 얻으려면 기동 시 **회전자 1상 총저항**을 0.75 Ω으로 맞춘다. 여기서 기존 회전자 저항 0.03 Ω을 뺀 **삽입 저항**은 각 상 0.72 Ω이다.

계산 과정

동기속도: 극수 $P = 6$, 주파수 $f = 60\text{Hz}$이므로 회전자계의 동기속도는 $N_s = \frac{120f}{P}$이다. 따라서 $N_s = \frac{120 \cdot 60}{6} = 1200\text{rpm}$이다.

전부하 슬립: 슬립은 동기속도에 대한 회전자 속도의 뒤처짐 비율이다. 전부하 회전수 $N = 1152\text{rpm}$을 대입하면 $s_f = \frac{N_s - N}{N_s}$, 즉 $s_f = \frac{1200 - 1152}{1200} = 0.04$이다. 전부하에서는 동기속도보다 4% 느리게 회전하며, 정지 상태에서 출발하는 **기동 시 슬립은 1**이다.

동일 토크 조건: 동일한 인가전압과 주파수에서 회전자 저항을 늘리면 같은 토크가 발생하는 슬립도 같은 비율로 커지는 비례추이 원리를 적용한다. 즉, **회전자 1상 총저항을 슬립으로 나눈 값**을 전부하와 기동 시에 같게 둔다. 기존 회전자 1상 저항을 $r_2 = 0.03\Omega$, 각 상에 추가할 저항을 R라 하면 $\frac{r_2 + R}{1} = \frac{r_2}{s_f}$이다.

삽입 저항 계산: 기동 시 필요한 1상 총저항은 $r_2 + R = \frac{0.03}{0.04} = 0.75\Omega$이다. 구하는 값은 총저항이 아니라 **기존 저항에 추가로 삽입하는 저항**이므로 $R = 0.75 - 0.03 = 0.72\Omega$이다. 각 상에 삽입할 저항은 0.72 Ω으로, ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 17. 8극, 60 [Hz], 53 [kW]인 3상 유도전동기의 전부하 시 기계손이 3 [kW]이고 2차 동손이 4 [kW]일 때, 회전속도[rpm]는?

① 780

② 800

③ 820

④ 840

정답 4번

간단한 해설

슬립은 **2차 입력에 대한 2차 동손의 비율**이다. 축출력 53 kW에 기계손과 2차 동손을 더하면 2차 입력은 60 kW이므로, 슬립은 $s = \frac{4}{60} = \frac{1}{15}$이고 동기속도 900 rpm에서 실제 회전속도는 **840 rpm**이 된다.

계산 과정

1. 동기속도: 극수 $P = 8$, 주파수 $f = 60$ Hz이므로 회전자계의 동기속도는 $N_s = \frac{120f}{P}$이다. 수치를 대입하면 $N_s = \frac{120 \cdot 60}{8} = 900$ rpm이다.

2. 2차 입력: 전동기의 정격 53 kW는 전부하 시 축출력이다. 회전자에서 기계적 동력으로 변환된 전력은 **축출력에 기계손을 더한 값**이므로 53 + 3 = 56 kW이다. 2차 입력은 이 변환 전력과 2차 동손의 합이므로 56 + 4 = 60 kW이다.

3. 슬립: 유도전동기의 2차 동손은 2차 입력의 슬립 비율만큼 발생한다. 2차 입력을 P_2, 2차 동손을 P_{c2}라 하면 $s = \frac{P_{c2}}{P_2}$이다. 따라서 $s = \frac{4}{60} = \frac{1}{15}$이다. 이때 분모는 축출력 53 kW나 변환 전력 56 kW가 아니라 **2차 입력 60 kW**이다.

4. 회전속도: 슬립은 동기속도에 대한 회전자의 상대적인 속도 감소 비율이므로 실제 회전속도는 $n = (1 - s)N_s$이다. 따라서 $n = \left(1 - \frac{1}{15}\right) \cdot 900 = 840$ rpm이며, 이는 ④의 840 rpm과 일치한다.

NoteBase

문 18. 단상 반파 정류회로로 교류 실횻값 100[V]를 정류하면 직류 평균전압[V]은? (단, 정류기 전압강하는 무시한다)

① 45

② 90

③ 117

④ 135

정답 1번

간단한 해설

단상 반파 정류에서는 한쪽 반주기만 출력되므로 직류 평균전압은 **최댓값을 π로 나눈 값**이다. 정현파 교류의 실횻값이 100 V이면 직류 평균전압은 약 45 V이다.

계산 과정

① 입력 전압의 최댓값: 정현파 교류의 실횻값을 V_{rms}, 최댓값을 V_m이라 하면 $V_m = \sqrt{2}V_{\text{rms}}$이다. 따라서 $V_m = 100\sqrt{2}\,\text{V}$이며, 이는 정류기에 입력되는 정현파 전압의 최고 높이이다.

② 반파 정류의 평균전압: 정류기 전압강하를 무시하면 한쪽 반주기에는 입력 전압이 그대로 출력되고, 나머지 반주기에는 출력 전압이 0이다. 직류 평균전압은 **출력이 0인 구간까지 포함한 한 주기 전체**의 평균이므로 $V_{\text{dc}} = \frac{V_m}{\pi}$를 적용한다.

③ 수치 대입: $V_{\text{dc}} = \frac{100\sqrt{2}}{\pi} \approx 45.0\,\text{V}$이다. 따라서 직류 평균전압은 약 45 V로, 선택지 ①의 45에 해당한다.

NoteBase

문 19. 정격전압 200[V], 정격전류 50[A], 전기자 권선 저항 0.3[Ω]인 타여자 직류발전기가 있다. 이것을 전동기로 사용하여 전부하에서 발전기일 때와 같은 속도로 회전시키기 위해 인가해야 하는 단자전압[V]은? (단, 전기자 반작용은 무시한다)

① 185

② 200

③ 215

④ 230

정답 4번

간단한 해설

같은 여자 상태에서 속도가 같으면 발전기의 유기기전력과 전동기의 역기전력이 같다. 발전기 내부의 기전력 215 V에 전동기의 **전기자 저항 전압강하 15 V를 더해야** 하므로 필요한 단자전압은 230 V이다.

계산 과정

주어진 조건: 타여자기는 계자전류를 별도 전원에서 공급하므로 전부하 전기자전류 I_a는 50 A이고, 전기자 권선 저항 R_a는 0.3 Ω이다. 전동기로 사용할 때도 계자 여자 상태를 그대로 유지하는 것으로 본다.

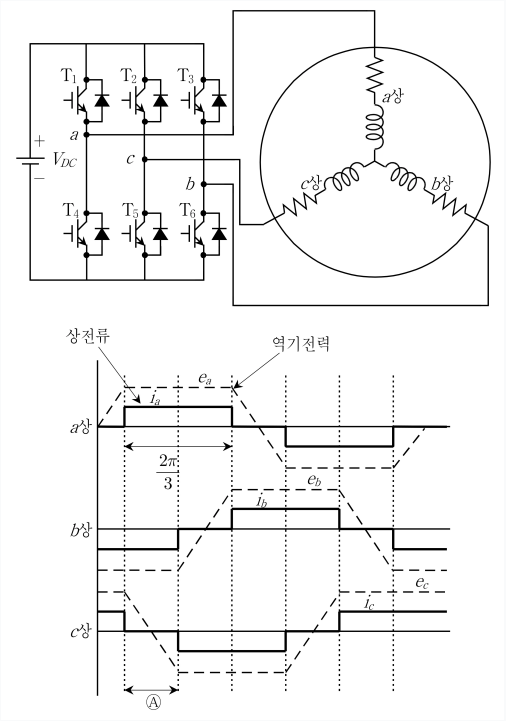
발전기의 유기기전력: 발전기에서는 전기자에서 발생한 전압 중 일부가 권선 저항에서 떨어지므로 단자전압은 내부 기전력보다 작다. 따라서 $E_g = V_g + I_a R_a$이다. 전기자 저항 전압강하는 $50 \times 0.3 = 15$ V이므로, 유기기전력은 $E_g = 200 + 15 = 215$ V이다.

같은 속도 조건: 직류기의 기전력은 $E = k\Phi n$으로, k는 기기 상수, Φ는 자속, n은 회전속도이다. 전기자 반작용을 무시하고 여자 상태를 유지하면 자속이 같으므로, **같은 회전속도에서는 기전력도 같다**. 따라서 전동기의 역기전력 E_m도 215 V이다.

전동기의 단자전압: 전동기에서는 인가전압이 역기전력과 전기자 저항 전압강하를 함께 감당해야 하므로 $V_m = E_m + I_a R_a$이다. 따라서 $V_m = 215 + 15 = 230$ V이며, ④의 230 V에 해당한다.

NoteBase

문 20. 그림은 3상 BLDC의 2상 통전회로와 각 상의 역기전력, 상전류 파형을 나타내고 있다. 구간 Ⓐ에서 도통되어야 할 스위치는?



① T_1, T_4
② T_1, T_5
③ T_1, T_6
④ T_3, T_6

정답 3번

간단한 해설

구간 Ⓐ에서는 **a상으로 전류가 들어가고 b상에서 전류가 나오며**, c상 전류는 0이다. 따라서 a상을 전원 양극에 연결하는 T_1과 b상을 전원 음극에 연결하는 T_6을 도통시킨다.

NoteBase

도식 해설

구간 Ⓐ의 파형: 첫 번째와 두 번째 세로 점선 사이에서 실선으로 표시된 상전류를 읽으면, a상 전류는 양수이고 b상 전류는 음수이며 c상 전류는 0이다. 즉, **a상과 b상만 통전**하고 c상에는 전류가 흐르지 않는 구간이다. 점선으로 그린 사다리꼴 파형은 역기전력이고, 통전 방향을 직접 나타내는 것은 실선의 전류 파형이다.

스위치와 전류 경로: 회로의 세 스위치 가지는 왼쪽부터 a상, c상, b상에 연결되어 있다. 양의 a상 전류를 만들려면 a상을 전원 양극에 연결하는 상단 스위치 T_1을 켜고, 음의 b상 전류를 만들려면 b상을 전원 음극에 연결하는 하단 스위치 T_6을 켠다. 전류는 전원 양극 → T_1 → a상 권선 → 중성점 → b상 권선 → T_6 → 전원 음극으로 흐른다. 이 도통 조합은 ③의 T_1, T_6에 해당한다.

다른 조합과의 구분: T_5는 b상이 아니라 c상의 하단 스위치이므로, T_1, T_5를 켜면 c상으로 전류가 나가 구간 Ⓐ의 전류 파형과 맞지 않는다. T_1, T_4와 T_3, T_6는 각각 **같은 가지의 상단·하단 스위치**를 동시에 켜는 조합으로, 권선을 거치지 않고 전원 양극과 음극을 단락시킨다.

NoteBase